

# Uso de Solo Laterítico para Aplicação em Projetos de Pavimento Flexível de Tráfego Leve

Carlos Alessandro Almeida da Silva

Engenheiro Civil Geotécnico, REDE Engenharia, Belo Horizonte - MG, Brasil, [alezanesco@gmail.com](mailto:alezanesco@gmail.com)

Márcio Fernandes Leão

Geólogo, Tractebel, Belo Horizonte - MG, Brasil, [marciotriton@hotmail.com](mailto:marciotriton@hotmail.com)

**RESUMO:** O estudo da pavimentação vem sendo desenvolvido por profissionais da área há muitos anos. Assim, foram desenvolvidos manuais técnicos, normas e procedimentos construtivos, bem como estudos preliminares. Dentre esses estudos, há a necessidade de estudos geotécnicos para a caracterização de diversos tipos de solos, sendo um deles, os solos presentes em regiões de ambientes tropicais úmidos. O objetivo do artigo buscou possibilidades alternativas de solos a serem utilizados na estrutura da pavimentação visando a economia e redução dos impactos ambientais. A partir da coleta de amostras em taludes de corte rodoviários na região de Cotia (SP) em materiais lateríticos e residuais e misturas de ambos, foram executados ensaios em horizontes residual, laterítico e mistura de ambos, ou seja: CBR – Energia Normal – 05 pontos, ensaios de compactação – Proctor Energia Normal, granulometria por peneiramento e sedimentação, limites de Liquidez e Plasticidade e determinação do Módulo de Resiliência. Foi possível observar a melhoria de aproximadamente 50% no ganho de resistência com a mistura na proporção de 50% de argila e 50% de material predominantemente siltoso (solo residual) sendo possível a utilização do material da mistura para fins de aplicação na camada de reforço do subleito para Tráfego Leve. Possivelmente o ganho de resistência ocorreu em virtude da presença de material não coesivo e conglomerados laterítico. A partir dos resultados, projetos de pavimentação podem ser mais econômicos e havendo redução de impactos ambientais.

**PALAVRAS-CHAVE:** Solos tropicais, pavimentação, ensaios

**ABSTRACT:** The study of paving has been developed by professionals in the field for many years. Thus, technical manuals, construction standards and procedures were developed, as well as preliminary studies. Among these studies, there is a need for geotechnical studies to characterize different types of soils, one of them being soils present in regions with humid tropical environments. The objective of the article sought alternative possibilities for soils to be used in the paving structure with a view to save money and reducing environmental impacts. From the collection of samples in road cut embankments in the region of Cotia (SP) in lateritic and residual materials and mixtures of both, tests were carried out in residual, lateritic horizons and a mixture of both, that is: CBR – Normal Energy – 05 points, compaction tests – Proctor Normal Energy, granulometry by sieving and sedimentation, Liquidity and Plasticity limits and determination of the Resilience Modulus. It was possible to observe an improvement of approximately 50% in the gain of resistance with the mixture in the proportion of 50% clay and 50% predominantly silt material (residual soil) making it possible to use the mixture material for application in the reinforcement layer of the subgrade for Light Traffic. The gain in strength was possibly due to the presence of non-cohesive material and laterite conglomerates. Based on the results, paving projects can be more economical and reduce environmental impacts.

**KEYWORDS:** Tropical soils, Paviment, Tests

## 1 INTRODUÇÃO

O estudo da pavimentação vem sendo desenvolvido por profissionais da área há muitos anos. Com esses estudos, foram elaborados manuais técnicos, normas e procedimentos construtivos. Entretanto, a necessidade de compreensão sobre a influência dos processos típicos de clima tropical exigiram

modificações. Para tal, foram caracterizados diversos solos tropicais, bem como determinadas suas propriedades geotécnicas.

A estabilização de solos teve seu marco histórico durante a segunda guerra mundial, quando houve a necessidade da construção de rotas militares (OGLESBY et al., 1962). No contexto moderno, devido ao desenvolvimento da humanidade tendo como consequência uma grande aceleração do setor da construção civil, tem ocorrido uma elevada exploração de áreas terrestres reduzindo a disponibilidade dos chamados solos “bons”. Perdura, então, a necessidade de uma expansão em pesquisas a fim de se encontrar alternativas viáveis que solucionem o problema dos solos pouco resistentes, que na maioria das vezes não apresentam condições de suportar uma determinada obra da engenharia civil.

A busca por materiais alternativos para uso na construção civil, principalmente no que diz respeito à construção de pavimentos, já que o setor rodoviário é responsável por 70 % das cargas transportadas atualmente no país, tem sido foco de algumas pesquisas visando alavancar soluções que sejam capazes de oferecer ganhos, buscando qualidade e segurança, a fim de garantir resistência mecânica e uma vida útil mais longa aos pavimentos (VILLIBOR, 2009).

Com relação às fibras, as de polipropileno, por serem considerada uma das mais promissoras existentes no mercado, se sobressaem ao oferecer condições satisfatórias de utilização em alguns setores da construção civil. Como aumentam a resistência à tração, sua aplicabilidade é bastante ampla como material de terraplenos, estabilização de solos, pavimentação, além de outras aplicações (TRINDADE et al, 20054).

A inclusão aleatória de fibras gera um compósito bastante interessante para a engenharia geotécnica, o chamado fibrossolo. Dessa forma os solos reforçados com determinados tipos de fibras podem apresentar melhorias em muitos parâmetros de engenharia, tornando-se aptos a desempenhar determinadas funções que anteriormente não poderiam (TRINDADE et al, 2005). Pela riqueza de publicações a respeito, percebe-se a grande aplicabilidade das fibras no setor da construção civil. Para tanto, antes de se pensar em utilizar uma fibra como reforço de solos, devem-se analisar cuidadosamente suas características a fim de se conhecer melhor todo o seu entorno, uma vez que cada fibra possui distintas particularidades (SPECHT, 2000).

Muitos autores fazem distinção entre estabilização, melhoramento e reforço de solos de acordo com o grau de alteração provocada nas propriedades do material, a quantidade a ser adicionada e o tipo de material utilizado. NUÑES apud SPECHT (2000) cita que o termo estabilização é utilizado quando nas misturas entre solo e cal ou solo e cimento (com grandes concentrações destes aditivos) ocorrem características de durabilidade e resistência suficientes que permitam seu emprego como base de pavimento rodoviário. Já o melhoramento é atribuído a misturas que apresentam relativa alteração em suas propriedades mecânicas, devido ao baixo teor de aditivo utilizado. Com relação ao reforço de solos, BUENO (2003) caracteriza o método pela utilização de determinados tipos de fibras, sejam elas orgânicas ou inorgânicas.

A estabilização de solos consiste em modificar as características do sistema solo - água - ar com a finalidade de se obter propriedades necessárias para a aplicação desejada. Existem muitos materiais que agem como estabilizadores de solos como, por exemplo, cimento, cal, aditivos, fibras, etc. A utilização correta das técnicas de estabilização de solos leva à redução nos tempos de execução da obra, viabiliza a industrialização do processo construtivo além de proporcionar uma considerável economia para o empreendimento em questão (PESSOA, 2004).

Foram abordados nesse estudo, os procedimentos preliminares comumente adotados para estudos geotécnicos, pavimentação de baixo custo a partir da utilização de solos lateríticos e misturas de solo laterítico com solo de alteração, com ênfase à viabilidade técnica e econômica, além do dimensionamento de pavimentos.

## 2 METODOLOGIA

O estudo transcrito no presente trabalho foi desenvolvido para contribuir com a área técnica de estradas que visa estabilizar solos encontrados próximos as áreas de construção de corpo estradal. Primeiramente para o início dos estudos, foi necessário realizar prospecções para coleta de amostras a partir de análise tátil-visual em algumas áreas na região de Cotia no Estado de São Paulo.

As prospecções realizadas permitiram identificar um solo com potencial de apresentar características lateríticas em um corte de um talude natural. Posteriormente, foram coletadas amostras deformadas da crista (Figura 1) onde havia uma cobertura superficial de aproximadamente 1,50m com características lateríticas,

além de amostras do pé do talude, caracterizado por um solo residual maduro (solo de alteração); ambas totalizando em torno de 70 kg (Figura 2).

Essas duas amostras foram transportadas para o laboratório da Egis Engenharia, sendo iniciada a preparação de secagem do solo e execução dos seguintes ensaios laboratoriais: Ensaios de CBR – Energia Normal – 05 pontos – NBR 9895/84, Ensaios de compactação – Proctor Energia Normal – NBR 7182/1988, Granulometria por peneiramento e sedimentação – NBR 7181/84, Limites de Liquidez e Plasticidade - NBR 6459/2016 e 7180/2016 e Ensaio de Módulo de Resiliência - NORMA DNIT 134/2018-ME.

Destaca-se que também foram ensaiadas amostras misturadas, ou seja, solos lateríticos com solo de alteração.



Figura 1. Contato (linha vermelha) entre o solo laterítico e solo de alteração no talude.



Figura 2. Registros fotográficos do processo de coleta de amostras.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados dos ensaios e Módulo de Resiliência são resumidos na Tabela 1.

Tabela 1. Resumo dos resultados para as amostras ensaiadas.

Material	Y real g/cm <sup>3</sup>	Y seco máx. g/cm <sup>3</sup>	w %	ISC %	Esp. %	C %	M %	Sf %	Sm %	Sg %	G %	LL %	LP %	IP %	HR B
Solo laterítico	2,699	1,37	32,7	7,3	0,2	51,3	15,6	18,6	10,6	3,2	0,6	45	25	20	A-7-6
Solo de alteração	2,721	1,505	23,4	2,8	3,8	8,8	58,4	24,9	6,7	1,1	0,2	43	36	7	A-5
Mistura	2,665	1,414	27,3	5,3	1,7	31,1	36,7	19,1	10,0	3	0	45	26	19	A-7-6

Legenda: Y real - Peso específico real; Y seca máx. – Peso específico seco máximo; w – Teor de umidade; ISC – Índice de Suporte Califórnia; Esp. – Índice de Expansão; C – Argila; M – Silte; Sf – Areia fina; Sm – Areia média; Sg – Areia grossa; G – Pedregulho; LL – Limite de Liquidez; LP – Limite de Plasticidade; IP – Índice de Plasticidade; HRB - Highway Research Board.

Conforme observado, para o peso específico real, ocorre uma pequena variação em relação as dois horizontes, cuja a variação ocorre com a presença de minerais tais como: fragmentos milimétricos de quartzo, mica, feldspato e biotita, para o solo de alteração. Já para o solo laterítico são presentes concreções lateríticas.

Observa-se uma redução significativa da expansão de 3,8% do solo de alteração (Figura 03 e Figura 04) para 0,2% da camada laterítica (Figura 05 e Figura 06). Isto ocorre devido a presença de mica no solo de alteração que com a presença de água do ensaio, esse mineral expande e diminui significativamente a capacidade de suporte. Realizando a mistura da camada superficial (Figura 07 e Figura 08) com o solo de alteração, as concreções lateríticas, contribui para a inibição da expansão e com isso elevando a capacidade de suporte de 2,8% para 5,3%.

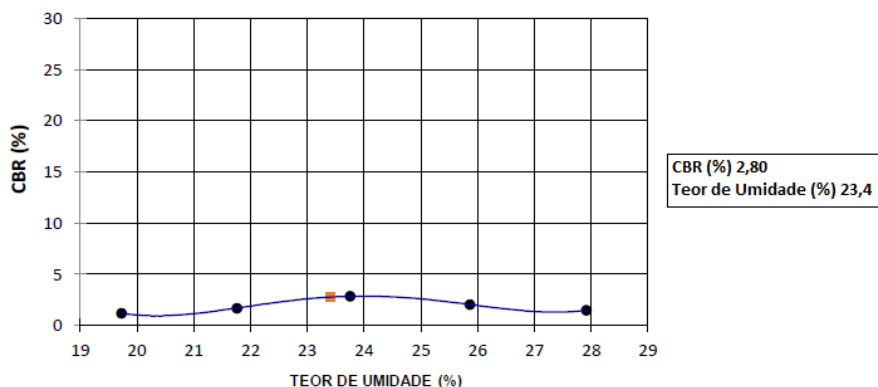


Figura 3. Ensaio de CBR – Solo de alteração.

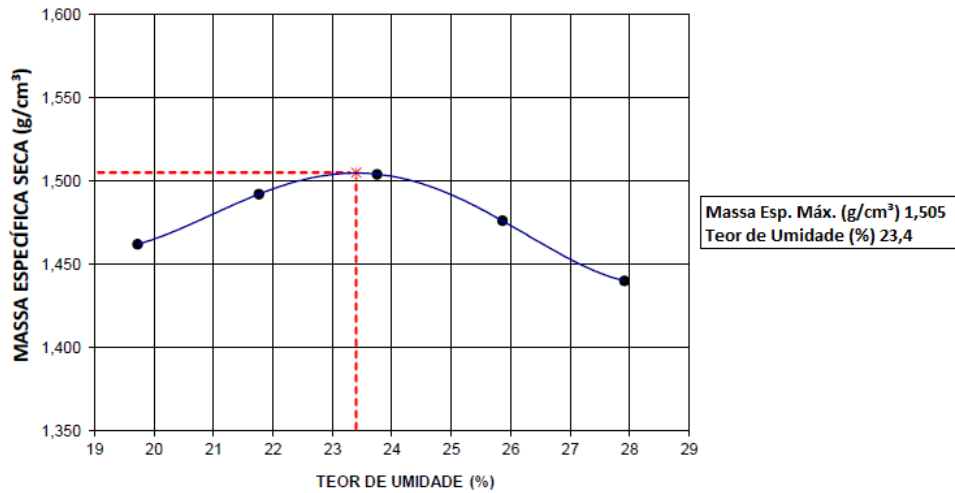


Figura 4. Ensaio de Proctor – Solo de alteração.

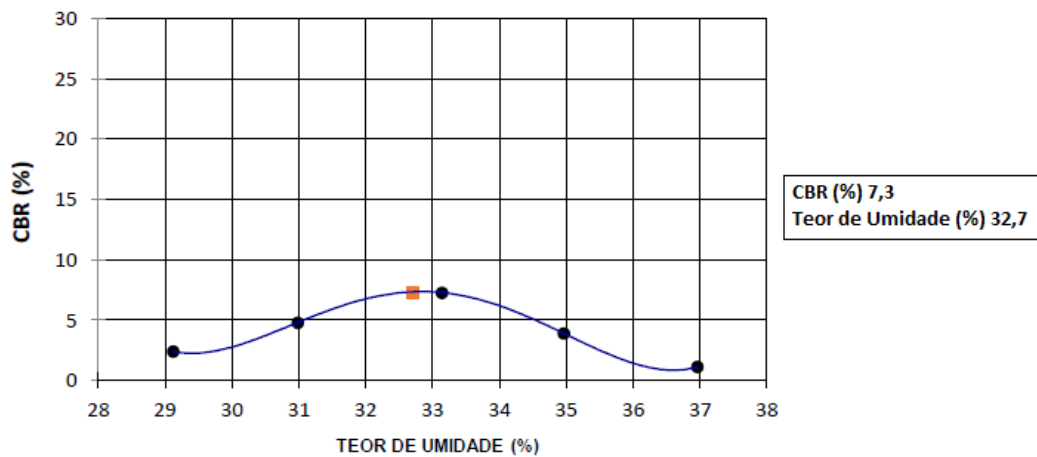


Figura 5. Ensaio de CBR – Camada laterítica.

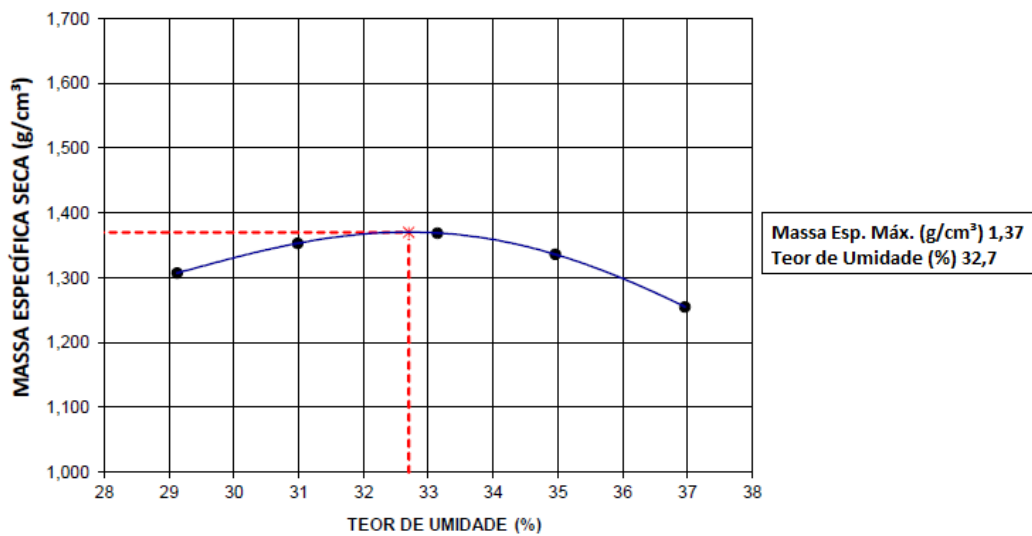


Figura 6. Ensaio de Proctor – Camada laterítica.

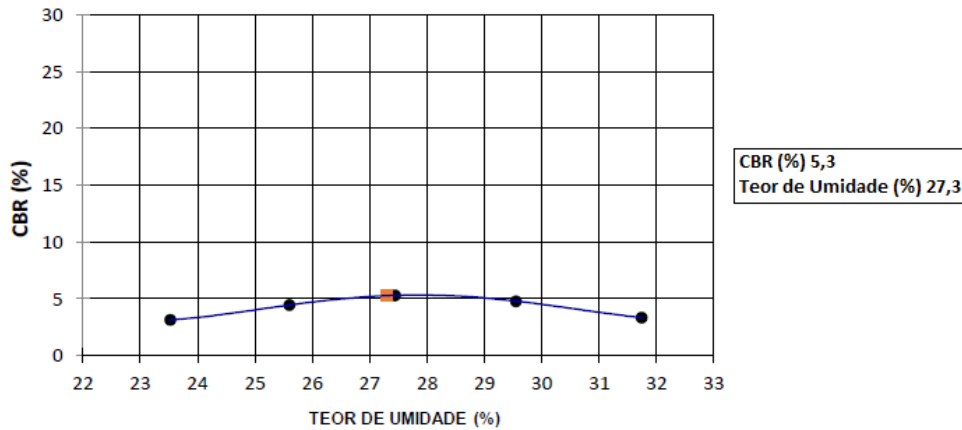


Figura 7. CBR – Mistura.

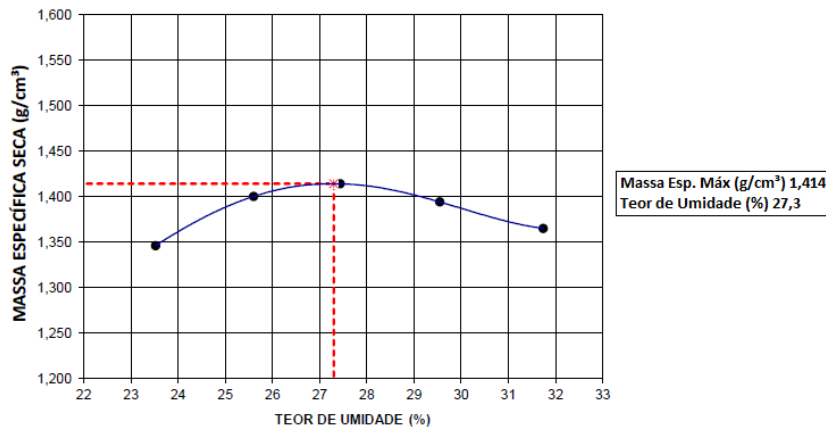
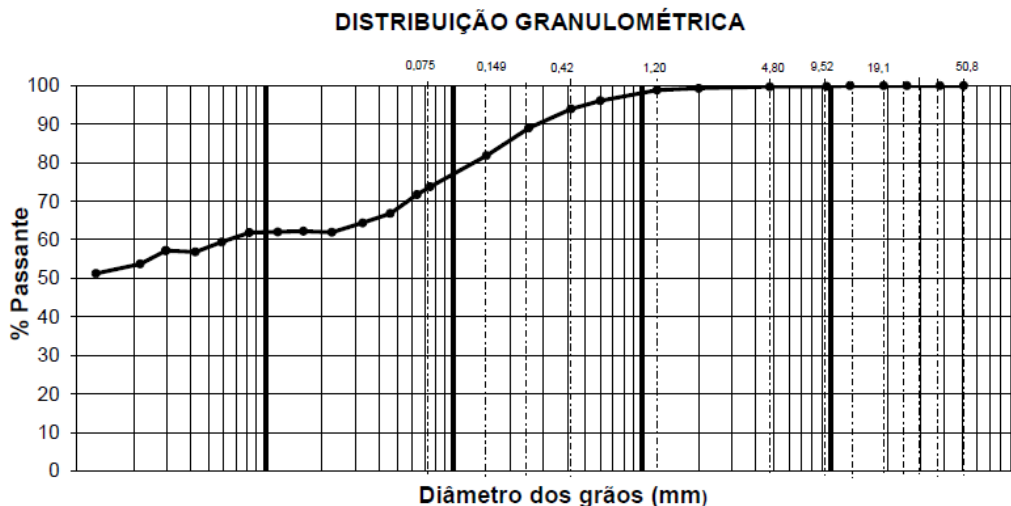


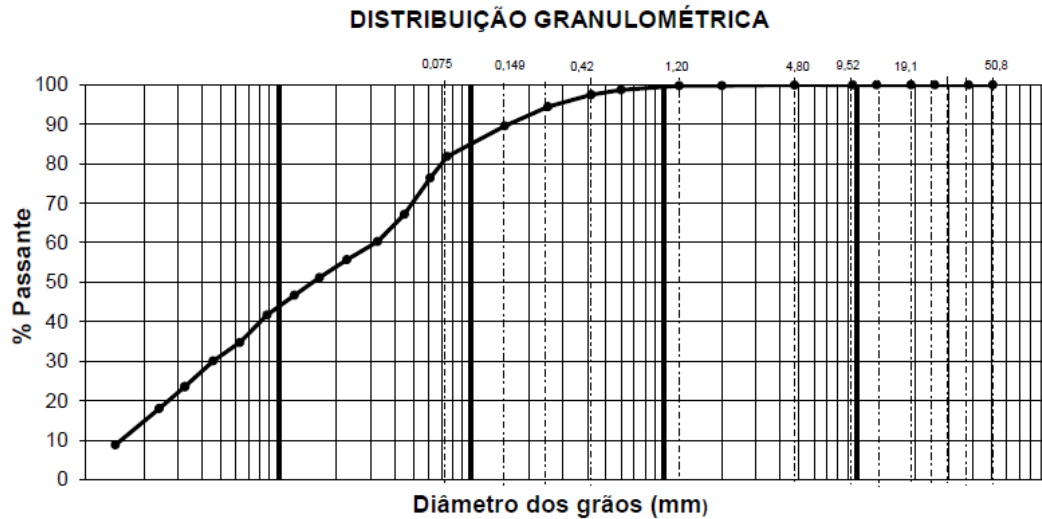
Figura 8. Proctor – Mistura.

Em relação a granulometria, a partir da mistura das duas camadas, ou seja, solo laterítico (Figura 09) e solo de alteração (Figura 10), percebe-se uma uniformização dos percentuais de argila, silte e areia, assim a curva granulométrica se assemelha mais próxima da curva granulométrica da camada superficial como pode ser observado na Figura 11. Na camada de solo alteração, os minerais presentes em formato lamelar ou em placas como quartzo e feldspato tende a a diminuir o índice de plasticidade, já o solo com maior percentual de argila, possuem maior plasticidade.



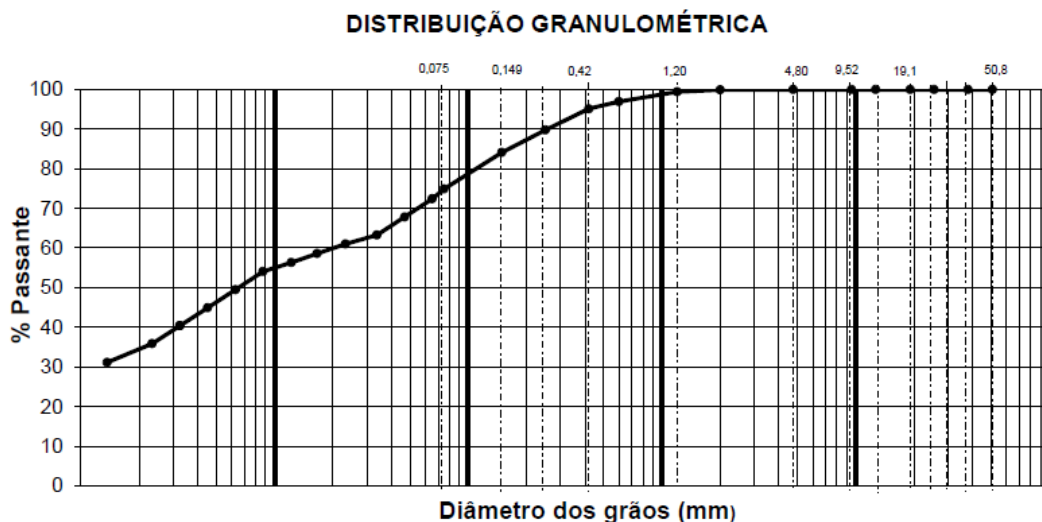
Escala granulométrica						
Classificação	Argila	Silte	Areia fina	Areia média	Areia grossa	Pedregulho
Tamanho (mm)	A < 0,002	0,002 < S < 0,06	0,06 < AF < 0,2	0,2 < AM < 0,6	0,6 < AG < 2,0	2,00 < P < 60
% de material	51,3	15,6	18,6	10,6	3,2	0,6

Figura 9. Curva granulométrica – Camada laterítica.



Escala granulométrica						
Classificação	Argila	Silte	Areia fina	Areia média	Areia grossa	Pedregulho
Tamanho (mm)	A < 0,002	0,002 < S < 0,06	0,06 < AF < 0,2	0,2 < AM < 0,6	0,6 < AG < 2,0	2,00 < P < 60
% de material	8,8	58,4	24,9	6,7	1,1	0,2

Figura 10. Curva granulométrica – Solo de alteração.



Escala granulométrica						
Classificação	Argila	Silte	Areia fina	Areia média	Areia grossa	Pedregulho
Tamanho (mm)	A < 0,002	0,002 < S < 0,06	0,06 < AF < 0,2	0,2 < AM < 0,6	0,6 < AG < 2,0	2,00 < P < 60
% de material	31,1	36,7	19,1	10	3	0

Figura 11. Curva granulométrica – Mistura.

A Tabela 2 apresenta os resultados do módulo de resiliência. É observada que há melhora nas características de resistência do material com a mistura na proporção de 50% do volume do material entre as amostras da camada superficial (laterítica) e da camada adjacente (solo de alteração de rocha).

Tabela 2. Tabela resumo dos ensaios de módulo de resiliência.

Material	Módulo de Resiliência - MPa
Argila Laterítica - camada superficial	203,97
Silte - Solo de Alteração de Rocha	48,23
Mistura	72,09

#### 4 CONCLUSÕES

A partir dos resultados dos ensaios e visibilidade quanto a aplicação de materiais lateríticos para projetos de pavimentação é observada melhoria substancial, aproximadamente 50%, no ganho de resistência ao utilizar uma mistura composta por 50% de argila laterítica (camada superficial) e 50% de material predominantemente siltoso (solo de alteração). Com a melhora nas características tecnológicas, atende especialmente à luz das diretrizes estabelecidas pela IP 04 – Tráfego Leve e Médio da PMSP, que preconiza materiais adequados para reforço do subleito, com índices CBR superiores aos apresentados pelo subleito e com expansão máxima de 2%. Portanto, os resultados indicam que o material proveniente da mistura deste estudo pode ser viável para aplicação na camada de reforço do subleito em estradas de tráfego leve, contribuindo assim para a eficiência e sustentabilidade das obras de pavimentação.

Desta forma, nota-se a convergência ao objeto proposto, ou seja, para a elaboração dos projetos de pavimentação podendo se tornar viável em termos econômicos, bem como permite a redução de impactos ambientais pelo aproveitamento de materiais in situ, que poderiam ser descartados sem o conhecimento mais aprofundado de suas propriedades geotécnicas.

#### AGRADECIMENTOS

Meus agradecimentos ao meu orientador Márcio Leão, pelo apoio e orientação para o desenvolvimento deste artigo. Agradecimento à Egis, pela disponibilidade em executar os ensaios laboratoriais que serviram de subsídio para os estudos e por fim minha família.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Bueno, L. S. (2003) Zoneamento Territorial para fins do Uso e Ocupação do Solo visando a elaboração e atualização de Planos Diretores.

DNIT 134-ME.(2018) Pavimentação – Solos – Determinação do módulo de resiliência – Método de ensaio. MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES.

IP 04 (2004) PMSP Dimensionamento de pavimento flexível para tráfego leve.

Oglesby, C. H., L. I. Hewes (1962) Highway Engineering, Second Edition, John Wiley and Sons, New York.

Specht, L. P. (2000) Comportamento de misturas solo-cimento-fibra submetidas a carregamentos estáticos e dinâmicos visando a pavimentação.

Trindade, T. P. (2005) Estudo da durabilidade de misturas solo-RBI Grade 81 com vistas à aplicação em estradas florestais e camadas de pavimentos convencionais.

Villibor, D. F. (2009) “Pavimentos de Baixo Custo para Vias Urbanas”, 2ª edição.